

Cambios Tecnológicos y las Fluctuaciones Económicas

Wilfredo Toledo*

I. Introducción

Los avances tecnológicos tienen el efecto de aumentar la productividad de los factores de producción, por lo que promueven el crecimiento económico. Sin embargo, ese tipo de innovación ha sido planteada, desde mediados de la década de los 1980's, como fuente de las fluctuaciones económicas, bajo el paradigma teórico que se ha denominado ciclos económicos reales (CER). Una limitación que ha confrontado dicha teoría es la falta de una buena medida de los desarrollos en tecnología. Tradicionalmente se ha utilizado el residuo de Solow como indicador de esa variable, pero existen varias objeciones a su uso. Recientemente se han empleado las restricciones de largo plazo desarrolladas por Blanchard y Quah (1989), en el contexto de los modelos de vectores autorregresivos (VAR), para identificar los impulsos tecnológicos. El trabajo pionero fue Gali (1999).

En este artículo se aplica la técnica planteada por Gali a las series económicas de Puerto Rico para examinar el rol de la tecnología en los ciclos económicos de dicho País. Ese análisis es novel ya que la Isla no existe ninguna medida de los adelantos en tecnología por no contar con datos sobre el acervo de capital, lo que impide la construcción del residuo de Solow. Por otro lado, la identificación de los impulsos tecnológicos en una economía que no se caracteriza por dedicar muchos recursos a las actividades de investigación y desarrollo de nuevos productos y técnicas de producción merece algunos comentarios. En ese tipo de ambiente la mayor parte de los avances tecnológicos provienen de economías más desarrolladas y son transferidas a las corporaciones transnacionales que tienen operaciones en éste o son implantadas por los productores locales.

La organización del resto del artículo se describe a continuación. En la próxima sección se discuten las dos formas de medir los cambios en tecnología mencionadas arriba. La sección III se dedica a examinar los planteamientos de los CER sobre los efectos de los *shocks* en tecnología sobre el mercado de empleo y se contrastan con el paradigma keynesiano. El análisis empírico se presenta en la sección IV, mientras que la última sección se utiliza para resumir la investigación.

II. Identificación de los impulsos en tecnología

Como se mencionó en la sección anterior existen dos medidas principales de los desarrollos tecnológicos: el residuo de Solow; y la aplicación de restricciones de largo plazo en un VAR para identificar esa variable. En esta sección se discuten los aspectos más relevantes de las dos metodologías.

* Catedrático en el Departamento de Economía de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras.

El residuo de Solow. La construcción de esa medida que fue planteada por Solow (1957) presume que el proceso productivo de una economía se puede representar por una función de producción agregada y que las siguientes condiciones rigen: (i) la función es homogénea de primer grado; (ii) el avance tecnológico es Hicks neutral, esto es, la tasa marginal de sustitución de los insumos no se altera por el cambio tecnológico; (iii) los mercados de los insumos son competitivos.

Para discutir la construcción de esta medida, presuma que la producción evoluciona a base de:

$$Y_t = \lambda_t f(L_t, K_t) \quad (1)$$

Donde λ_t es un proceso que define el estado de la tecnología (el cual es neutral), los otros símbolos tienen el significado usual; $f(L_t, K_t)$ exhibe rendimientos constantes a escala y posee las condiciones de regularidad

$$f_L > 0 \quad f_K > 0, \quad f_{LL} < 0, \quad f_{KL} > 0.$$

Si se deriva la ecuación (1) con respecto al tiempo y se define $\delta = (\partial Y_t / \partial K_t)(K_t / Y_t)$ y $1 - \delta = (\partial Y_t / \partial L_t)(L_t / Y_t)$ tenemos:

$$\begin{aligned} (dY_t/dt)/Y_t &= (d\lambda_t/dt)/\lambda_t + (1-\delta)(dL_t/dt)/L_t + \delta(dK_t/dt)/K_t & \delta \\ (d\lambda_t/dt)/\lambda_t &= (dY_t/dt)/Y_t - (1-\delta)(dL_t/dt)/L_t - \delta(dK_t/dt)/K_t & (2) \end{aligned}$$

De acuerdo a la ecuación (2) los avances tecnológicos se definen como la parte de la producción que no se explica por el uso de capital y trabajo. Para calcular los residuos de Solow se toma la tasa de crecimiento de la producción y se le resta la tasa de crecimiento del capital ponderada por su elasticidad y la tasa de crecimiento del insumo de trabajo ponderado por su elasticidad. Esa variable aunque ha sido utilizada ampliamente como variable “proxy” de cambios tecnológicos ha levantado algunas críticas:

1. No se incorpora el esfuerzo de los trabajadores y en algunas circunstancias no se ajustado por la tasa de utilización del capital.
2. No se ajusta por falta de competitividad en los mercados de los insumos.
3. Su utilización en los modelos de CER ha implicado que una proporción alta de las fluctuaciones en la producción agregada de Estados Unidos (cerca de 45%) es explicada por cambios tecnológicos

Por lo que se ha explorado el desarrollo de medidas alternas.

Identificación de los impulsos en tecnología con restricciones de largo plazo. Gali (1999) utiliza la metodología propuesta por Blanchard y Quah (1989) para identificar los impulsos tecnológicos. Si se representan los impulsos de tecnológicos (ϵ_T) y de los no (ϵ_{NT}) se utiliza el siguiente sistema bi-variable:

$$\Delta(\mathbf{W/P}) = \theta_{11}(\mathbf{L}) \mathbf{E}_T + \theta_{12}(\mathbf{L}) \mathbf{E}_{NT} \quad (3)$$

$$\Delta \mathbf{L}_t = \theta_{21}(\mathbf{L}) \mathbf{E}_T + \theta_{22}(\mathbf{L}) \mathbf{E}_{NT}$$

Donde: $\Delta \mathbf{W/P}$ es un vector que contiene las primeras diferencias del salario real¹; \mathbf{L}_t es la primera diferencia del insumo laboral en el periodo t ; \mathbf{L} es el operador de rezago; $\theta_{ij}(\mathbf{L}) = \sum_{k=0}^{\infty} \theta_{ij,k} \mathbf{L}^k$, $i=1,2$, $j=1,2$, $k=1,2,\dots,\infty$, contiene los parámetros asociados a los rezagos de cada uno de los dos tipos de impulsos en el primer sistema.

Partiendo del supuesto de que las series son estacionarias y utilizando el teorema de Wold, entonces es posible recobrar la representación VAR de los modelos, si se imponen algunas restricciones para identificar el sistema. Gali impone las siguientes restricciones:

- i) $\sum_{k=0}^{\infty} \theta_{12k} = 0$, k va de cero a ∞ ;
- ii) $E[\mathbf{E}_T, \mathbf{E}_{NT}] = 0$, esto es, no existe correlación entre los dos procesos aleatorios (son ortogonales).

La primera restricción es la más importante, e implica que cambios inesperados en tecnología son los que tienen efectos permanentes sobre los salarios reales; los multiplicadores de largo plazo del otro tipo de *shock* son iguales a cero. Se supone entonces que la raíz unitaria de los salarios proviene del efecto de los avances tecnológicos sobre la productividad del trabajo.

Así que para obtener una medida de cambios tecnológicos se estima un modelo VAR compuesto por los salarios reales (o la productividad del trabajo) y las horas trabajadas y se imponen las restricciones descritas; para identificar los residuos del sistema VAR como impulsos tecnológicos y de otro tipo. En ese sistema las funciones de impulsos respuesta y la descomposición de la variancia del error de proyección se utilizan para observar la respuesta dinámica del las variables del sistema a los dos tipos de innovaciones.

III. El mercado laboral y los avances en tecnología

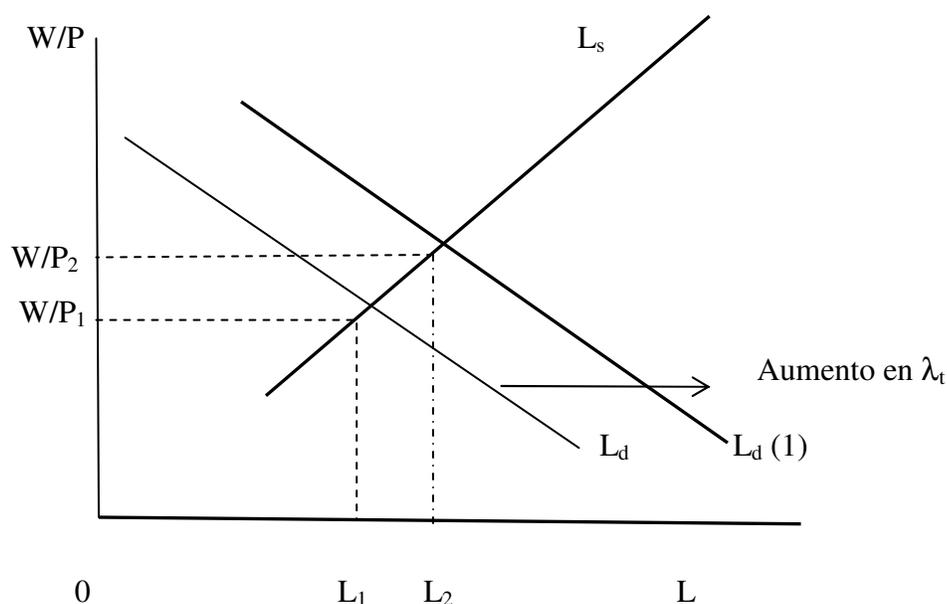
Los modelos de los ciclos económicos reales postulan que parte de las fluctuaciones observadas en la trayectoria de la economía son resultado de innovaciones en tecnología que no se absorben rápidamente por la estructura económica. Un elemento importante en esos modelos es la respuesta del mercado de trabajo a dichas innovaciones. Una forma de examinar este asunto es comenzando con una función de producción dada por (1). Dicha ecuación implica que:

$$\partial Y_t / \partial L_t = \lambda_t f_L(L_t, K_t) \quad (4)$$

De acuerdo a (4) aumentos en la variable de tecnología, incrementan la productividad marginal del trabajo y por consiguiente la demanda por ese factor de producción. Si la oferta de trabajo tiene pendiente positiva y no depende de la tecnología entonces el aumento en λ_t genera valores más altos de los salarios reales y del nivel empleo, como se ilustra en la Figura 1. Sin

¹ Gali utiliza la productividad promedio del trabajo.

embargo, este modelo estático no permite examinar la persistencia de estos impulsos sobre estas dos variables.



En los modelos de equilibrio general contruidos de acuerdo a teorías de CER se utilizan funciones de utilidad del consumidor representativo donde los efectos ingresos y sustitución, que resultan luego del incremento en los salarios, se cancelan mutuamente, lo que deja inalterado las selecciones óptimas de consumo y ocio. Por tanto, las innovaciones tecnológicas tienen efectos permanentes sobre los salarios y transitorios sobre el insumo laboral. Sin embargo, el efecto inmediato del impulso es un aumento en los salarios y el trabajo. Esta forma de construir los modelos se ha hecho para reproducir las series económicas de Estados Unidos donde en el último siglo se ha incrementado la compensación real de los trabajadores pero las horas trabajadas per cápita no han variado significadamente (ver Carmona (2002)).

Los modelos keynesianos de los ciclos económicos presumen rigidez en los salarios nominales. Una forma de examinar este asunto es a base del modelo contratos de largo plazo planteados por Fischer (1977) y Taylor (1979). Las características principales del modelo son las siguientes: los productores se dividen en dos grupos que fijan los salarios por dos períodos; los salarios nominales de la mitad de los trabajadores para el periodo “t” y “t+1” se establecen al inicio del período t, pero estos dos valores no necesariamente son iguales; el valor de los salarios establecido para cada período es igual al valor esperado del salario real de equilibrio ($E[W_{rt}^*]$). A base de la hipótesis de expectativas racionales.

En forma logarítmica el modelo puede representarse como:

$$W_{rt} = W_{nt} - P_t$$

Donde: W_{rt} es el salario real; W_{nt} es el salario nominal; y, P_t es el nivel de precios, todos en el período t .

Si se define el salario real de equilibrio como W_{rt}^* entonces:

$$W_{nt,t-1} = E_{t-1}[W_{rt}^* + P_t] \quad (5)$$

Este es el salario nominal en el período t para la mitad de los trabajadores. Para la otra mitad de los empleados el salario estará dado por:

$$W_{nt,t-2} = E_{t-2}[W_{rt}^* + P_t] \quad (6)$$

Las ecuaciones (5) y (6) implican que en el período t regirá un salario promedio que dependerá de las expectativas que tenían los agentes económicos en los períodos $t-1$ y $t-2$. Este salario promedio está dado por:

$$W_{M,t} = .5(E_{t-1}[W_{rt}^* + P_t] + .5E_{t-2}[W_{rt}^* + P_t]) \quad (7)$$

Un resultado de esta última ecuación es que los cambios inesperados ocurridos en el estado de la economía tendrán un efecto sobre los salarios por dos períodos. Para examinar cuál sería el efecto sobre la economía total es necesario especificar cómo se determina la producción en este modelo. Fischer presume que los productores manifiesten una conducta de optimización y seleccionan aquel nivel de empleo que hace que la productividad marginal del trabajo sea igual al salario real. Este supuesto, conjuntamente con las condiciones de regularidad de la función de producción, implican que las desviaciones de la producción de su nivel de empleo pleno dependerá en forma inversa del salario real ($[W_{nt} - P_t]$ ó $[W_{M,t} - P_t]$). En forma matemática la oferta agregada puede expresarse como:

$$Y_t = Y^* + \alpha_0(W_{nt} - P_t), \quad \alpha_0 < 0$$

ó, utilizando (7):

$$Y_t = Y^* + \alpha_0.5[E_{t-1}(W_{rt}^* + P_t) - P_t + E_{t-2}(W_{rt}^* + P_t) - P_t] \quad (8)$$

De la ecuación (8) se desprende que existe una relación inversa entre la producción y los salarios reales. Así que aumentos en tecnología tienden a incrementar la producción y deben reducir en los salarios reales.

Pasemos a la evidencia empírica. Gali (1999) utiliza las restricciones de largo plazo en sistema VAR para descomponer los impulsos que afectan la productividad y el trabajo en

innovaciones tecnológicas y de otro tipo. Ese autor utiliza datos trimestrales de los Estados Unidos para el período de 1948:1 a 1994:4 y para el período de post-guerra para los otros países G-7². Gali construye dos modelos uno donde el indicador del insumo laboral son horas trabajadas y otro usando empleo. Los dos sistemas se estiman en las primeras diferencias de las variables.

Las funciones de impulsos respuestas de los sistemas estimados por Gali revelan que los impulsos tecnológicos tienden a aumentar la proclividad y ha reducir el insumo de trabajo. Este último resultado no fue encontrado en el Caso de Japón, donde la relación entre el adelanto en tecnología y el trabajo fue positivo.

Hallazgos similares sobre el efecto de los *shocks* tecnológicos sobre la oferta de trabajo que los encontrados por Gali fueron encontrados por Shea (1999) Francis y Ramey (2001 y 2002).

Carmona 2002 realiza el mismo tipo de análisis de Gali aplicado a la economía mejicana. Sin embargo, en su trabajo Carmona se concentra en en sector de la manufactura; las estimaciones las hace con datos mensuales de 1980:1 a 2001:12, usando las horas trabajadas y la productividad de ese sector económico. Los resultados revelan que un impulso positivo en la tecnología aumenta permanentemente la productividad, mientras que en el caso de las horas trabajadas aunque la respuesta promedio es positiva la misma no es estadísticamente distinta de cero a un nivel de confiabilidad de 66%.

Dos planteamientos importantes para contrarrestar la evidencia s en contra de los ciclos económicos reales levantada en esta literatura se han desarrollado. En primer lugar el supuesto de que la serie de horas trabajadas tiene una raíz unitaria ha sido cuestionada. En segundo lugar, el efecto de la estructura contributiva de los ingresos de la propiedad sobre la decisión de los individuos sobre las horas que dedicarán al trabajo.

Christiano, Eichenbaum y Vigfusson (“CEV”, 2003) aseveran que los resultados encontrados por Gali y otros autores sobre este asunto dependen crucialmente de que la variable de horas trabajadas tenga una raíz unitaria. La validez de dicho supuesto se cuestiona a base del bajo poder que tienen las pruebas que existen para detectar ese atributo de las series. Esos autores estiman el modelo VAR de las horas trabajadas y la productividad usando los niveles de la primera variable y las diferencias de la segunda. La estimación, con datos para E.E.U.U. para el período de 1948 a 2001, revela que el sistema cumple con los requisitos de estabilidad. Los hallazgos empíricos de los de los autores citados arriba en término de la productividad pero si con respecto a las horas trabajadas. CEV encuentran que un impulso positivo en tecnología incrementa las horas trabajadas, como predicen los modelos de ciclos económicos reales. Resultados similares son hallados por Pesavento y Rossi (2003).

Uhlig (2003) afirma que la evolución de las horas trabajadas y la productividad pueden verse afectada por dos factores: los impuestos sobre los dividendos y cambios en las actitudes sociales sobre el trabajo; y no solamente por los avances tecnológicos., como se presume en los

² Los paíesses son Canada, el Reino Unido, Alemania, Francia, Italia, y Japon. El perído del análisis varío para cada país por la disponibilidad de datos.

trabajos discutidos previamente. Cambios en los impuestos sobre los ingresos provenientes del capital afectan la cantidad óptima de este insumo y por tanto la productividad del trabajo y su nivel de equilibrio. Por ejemplo, un incremento en ese tipo de gravamen conduce a una reducción en el ahorro y por consiguiente a un aumento en los niveles de consumo de ocio y otros bienes; por lo que se reducen las horas trabajadas. A corto plazo con el capital fijo aumenta la productividad del insumo laboral, Sin embargo, a largo plazo cuando el capital se reduce esta productividad también disminuye. Así que a corto plazo la productividad y las horas trabajadas se mueven en dirección opuesta como fue encontrado en el trabajo de Galí. Pero no en respuesta a un impulso en tecnología sino como resultado de cambios en las leyes contributivas.

Un planteamiento innovador desarrollado por Uhlig es el cambio en las actitudes hacia el trabajo. De acuerdo a ese autor los trabajadores pueden considerar una fracción de horas laborables como tiempo de interacción social y sustituto del ocio. Ejemplo de las actividades realizadas en ese tiempo pueden ser acceso a la Internet, viajes de negocios, uso de facilidades recreativas. Si los patronos determinan la tasa salarial a base de horas que aportan a la producción y no de acuerdo a las horas contratadas, pudieran retener más empleados que los necesarios. Así que un aumento en tecnología que incrementa la productividad del trabajo pudiera no aumentar el insumo de trabajo sino simplemente reducir el tiempo de ocio en el lugar de trabajo. Además que la productividad que se desprende de las estadísticas públicas pudiera tener un problema de medición.

Uhlig incorpora los dos factores en la construcción de una economía artificial, basada en un modelo de crecimientos, que calibra con datos de Estados Unidos y genera series para las horas trabajadas y productividad; las cuales luego se modelan como un sistema VAR donde se implanta la identificación de Blanchard-Quah pero a un plazo intermedio (de 4 a 20 periodos). El autor examina la dinámica de esta dos variables a cambios en tecnología. Sus resultados revelan que tanto las horas trabaja das como la productividad aumentan ante el impulso en tecnología, lo que es compatible con los ciclos económicos reales.

IV. Análisis empírico

El análisis empírico se realizó con los salarios por hora en manufactura³, estos se transformaron a sus valores reales utilizando el índice de precios del consumidor y horas mensuales trabajadas en manufactura que se convirtieron en per cápita dividiendo esta variable por la población de 16 años o más. Se utilizaron datos mensuales para el período de 1980:1 a 2004:1, las series fueron ajustadas estacionalmente por medio del método de promedios móviles.

La Tabla 1 presenta los resultados de las pruebas de Dickey Fuller aumentada (ADF) para examinar el orden de integración de las variables. La hipótesis de raíces unitarias no se puede rechazar para ninguna de las dos series de tiempo. Por tanto, a base de esta prueba se deben utilizar las primeras diferencias entre las series. Sin embargo, ante el bajo poder de esta prueba y los argumentos de Christiano y otros (2002) se decidió estimar un segundo sistema usando los niveles de las horas trabajadas.

³ No se utilizaron los salarios de todos los sectores porque no existen datos mensuales para esa variable.

Tabla 1					
Resultados de la prueba de raíces unitarias					
Variable	Rezagos*	Intercepto	Tendencia	Estadístico ADF	Valor Crítico 5%
Salario Real (W/P)	1	Si	Si	-0.677745	-3.4277
Horas Trabajadas (L _t)	1	Si	Si	-0.992927	-3.4561
*Determinado utilizando el criterio de Akaike.					

Una deliberación que necesario hacer antes de estimar los modelos dinámicos es la longitud de los rezagos. Existen múltiples criterios que pueden ser utilizados para esos propósitos. El criterio de Akaike es uno de los más utilizados. Bajo ese criterio se define una función objetivo cuyo valor depende en forma directa de la combinación lineal de la variancia de los residuos del modelo de regresión y el número de de parámetros estimados relativo al tamaño de la muestra. Aumentos en la longitud de rezagos reduce el primer término pero incrementa el segundo. El objetivo es encontrar el número óptimo de rezagos o el que minimiza la función descrita.

La Tabla 2 presenta el valor de la función objetivo, asociada a cada uno de los dos modelos, para ocho largos de rezagos. En los el modelo con las horas trabajadas en las primera diferencias (modelo 1) se minimiza esta función cuando la longitud de rezago es dos, mientras que el sistema con dicha variable en los niveles (modelo2) se hace lo propio con un largo de rezago de cuatro, en ese sistema se incluido una variable de tendencia lineal.

Tabla 2		
Determinación del largo del rezago		
Largo de Rezago	$[\Delta(W/P) \Delta L_t]$	$[\Delta(W/P) L_t]$
	AIC	AIC
0	-4.562331	-7.676889
1	-4.953460	-8.721494
2	-4.996370*	-8.957362
3	-4.987538	-8.989801
4	-4.981396	-8.992307*
5	-4.957339	-8.970066
6	-4.936358	-8.946102
7	-4.914768	-8.927292
8	-4.897107	-8.912809

Tabla 3
Resumen de la Estimación del Modelo
Modelo 1: [$\Delta(W/P)$ ΔL_t]
Período de Estimación: 1980:01 2004:01

	Variable		
	$\Delta(W/P)$	ΔL_t	Ambos
Modelo 1: [$\Delta(W/P)$ ΔL] Prueba de exclusión de rezagos de Wald			
Estadístico Ji cuadrado [valores-P]			
Rezago			
1	31.89456 [1.19E-07]	102.0412 [0.000000]	133.0845 [0.000000]
2	7.272304 [0.026354]	8.611630 [0.013490]	17.77213 [0.001367]
Grados de Libertad	2	2	4
R^2	0.142374	0.291453	

Esadistico Q(5)
 multivariable:
 2.354410
 Valor-P 0.6709

	Variable		
	$\Delta(W/P)$	L_t	Ambos
Modelo 2: [$\Delta(W/P)$ L_t] Prueba de exclusión de rezagos de Wald			
Estadístico Ji cuadrado [valores-P]			
Rezago			
1	36.63562 [1.11E-08]	27.64980 [9.91E-07]	69.05224 [3.60E-14]
2	11.43650 [0.003285]	33.12314 [6.42E-08]	42.71799 [1.18E-08]
3	5.197728	5.668663	12.61323
4	3.140470 [0.207996]	2.153114 [0.340767]	6.479362 [0.166095]
Grados de Libertad	2	2	4
R^2	0.163827	0.916921	

Esadistico Q(5)
 multivariable :
 2.938031
 Valor-P 0.5682

La Tabla 3 contiene algunos resultados de la estimación de los dos modelos. Se aprecia que los parámetros estimados en la representación VAR de los dos modelos son estadísticamente distintos de cero, al menos a un nivel de significancia de 5%. El primer modelo explica el 14% de las variaciones en $\Delta(W/P)$ y casi 30% de las variaciones de ΔL_t , mientras que en el segundo R^2 en la ecuación de los salarios es producción es 16% y en la ecuación de las horas trabajadas cerca de 92%. Los valores de l estadístico Q sugieren que los residuos de ambos sistemas son aleatorios. Así que los modelos construidos parecen recoger adecuadamente la evolución de las dos variables consideradas.

Como en el sistema dos se utilizan los niveles de las horas trabajadas es pertinente examinar si el mismo es estable En la Tabla 4 se muestra las raíces del polinomio característico asociado a dicho sistema. Como se observa en dicha Tabla el modelo es estable, ninguna raíz es mayor a uno. Por lo que es adecuado el uso de la variable de horas trabajadas en los niveles.

Tabla 4
Raíces del Polinomio Característico del Sistema

Variables endógenas : : $[\Delta(W/P) L_t]$
Variables exógenas: Intercepto y tendencia
Rezagos: 4

Raíz	Módulo
0.959435	0.959435
0.212050 - 0.526127i	0.567252
0.212050 + 0.526127i	0.567252
-0.308962 - 0.379837i	0.489626
-0.308962 + 0.379837i	0.489626
-0.440921	0.440921
-0.183975 - 0.106865i	0.212760
-0.183975 + 0.106865i	0.212760

Gráfico 1: Respuesta de la primera diferencia de los salarios reales en manufactura a impulsos tecnológicos y de otro tipo

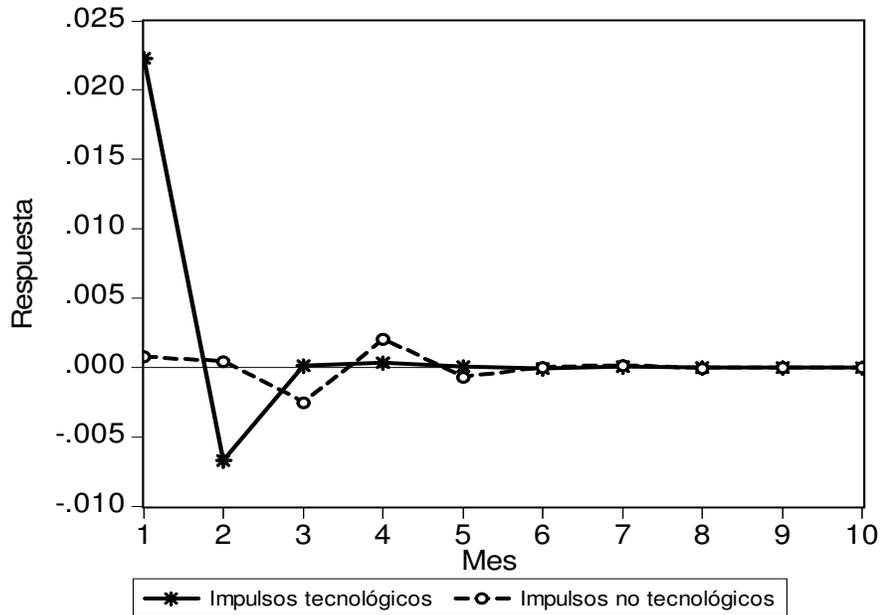


Gráfico 2: Respuesta de la primera diferencia de las horas trabajadas en manufactura a impulsos tecnológicos y de otro tipo

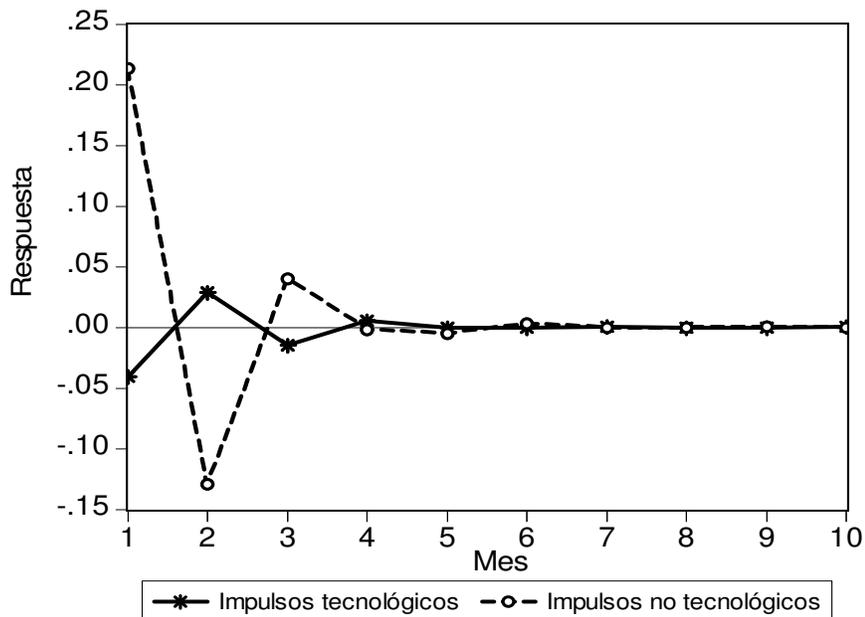
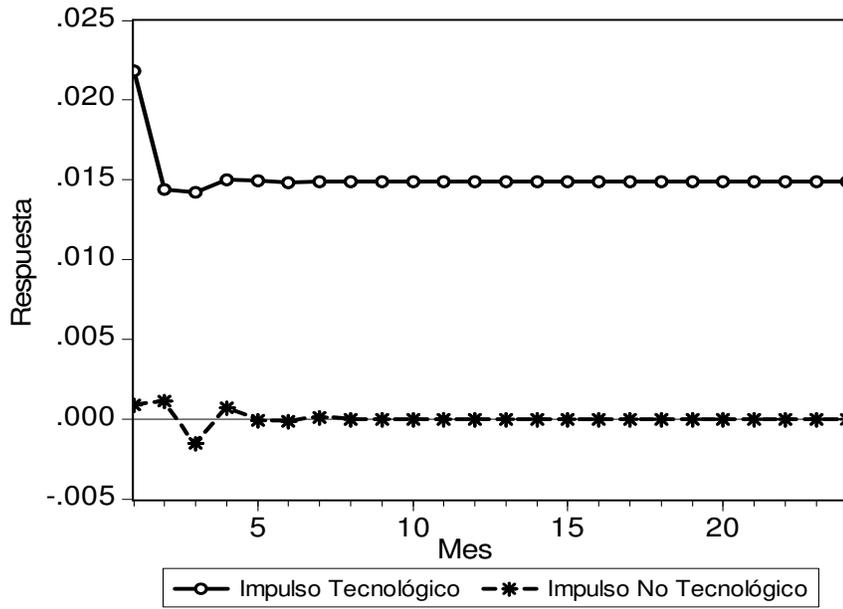
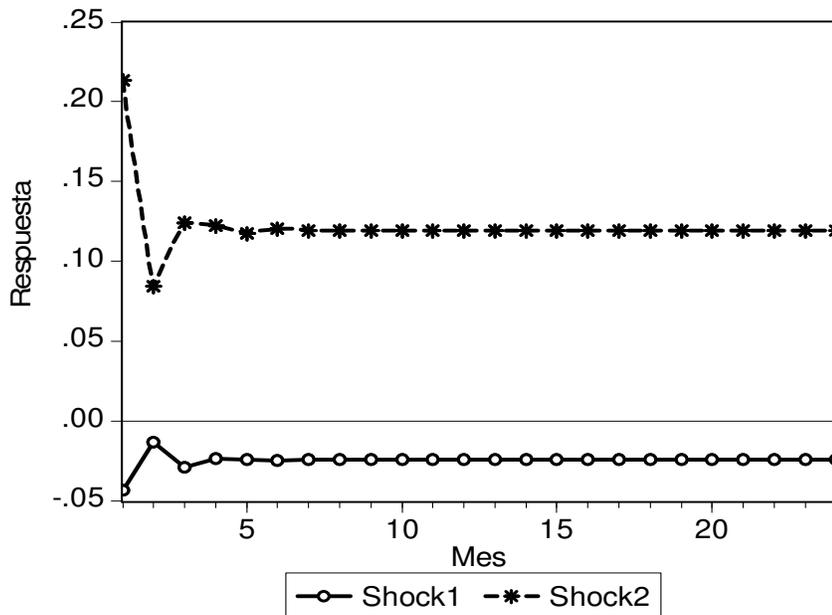


Gráfico 3: Efecto Acumulado de Impulsos Tecnológicos y No Tecnológicos Sobre la Primera diferencia de los Salarios Reales



Gráfica 4: Efecto Acumulado de Impusos Tecnológicos y No Tecnológicos Sobre la Primera Diferencia de las Horas Trabajadas



Examinemos ahora la respuesta dinámica de las variables de los sistemas a cambios inesperados en tecnología y de otro tipo. Los Gráficos 1 y 2 presentan las funciones de impulso-respuesta del modelo estimado en las primeras diferencias. El impacto inicial de los impulsos tecnológicos sobre los salarios reales es positivo, como se predice los modelos de ciclos económicos reales. Sin embargo el efecto se torna negativo y desaparece rápidamente. En el caso del insumo laboral la respuesta inicial a este *shock* es reducir el total de horas trabajadas, aunque en el segundo periodo experimenta un alza y al cabo de cuatro meses desaparece el efecto. Para examinar más a fondo el impacto de los impulsos tecnológicos sobre este sistema en los Gráficos 3 y 4 se muestran las funciones de impulso-respuesta acumuladas. Se observa que a largo plazo los salarios experimentan un alza, mientras que sobre las horas trabajadas disminuyen. Estos resultados son similares a los obtenidos para Estados Unidos.

Los Gráficos 4 y 5 ilustran las funciones de impulso-respuesta acumuladas para el segundo sistema estimado. Como se puede apreciar el efecto sobre los salarios no se altera si se compara con el primer sistema, mientras que el efecto sobre las horas trabajadas es positivo, como predicen los modelos de ciclos económicos reales.

Los hallazgos de esta investigación revelan que el efecto de impulsos en tecnología sobre el insumo de trabajo depende del supuesto sobre el orden de integración de la serie. Para el caso de Puerto Rico el uso de la serie de horas trabajadas en los niveles parece ser el más adecuado ya que el sistema estimado es estable. Por consiguiente el diferenciar esta variable antes de la estimación pudiera implicar problemas de especificación en el modelo.

Gráfico 5: Efecto Acumulado de Impulsos Tecnológicos y No Tecnológicos Sobre la Primera Diferencia de los Salarios Reales

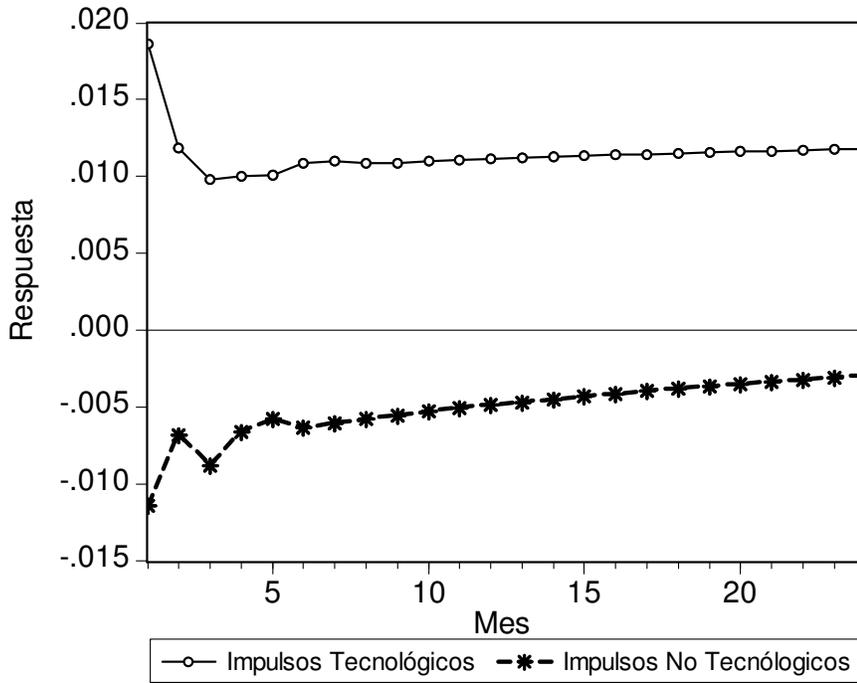
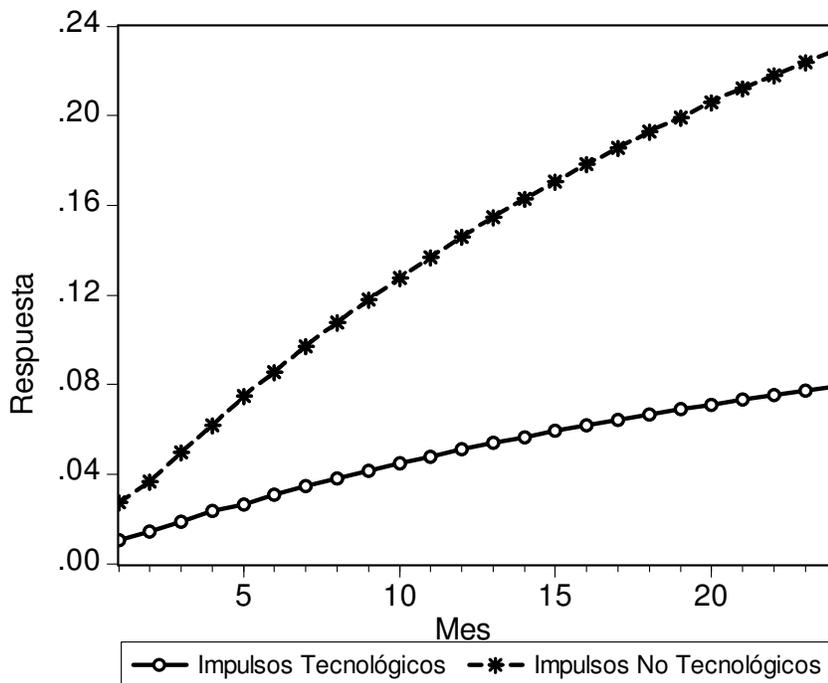


Gráfico 6: Efecto Acumulado de Impulsos Tecnológicos y No Tecnológicos Sobre las Horas Tabajadas (niveles)



La Tabla 5 contiene los valores de la función de descomposición de la variancia de error de proyección. En el caso de los salarios de manufactura los avances tecnológicos explican casi tres cuartas partes de las desviaciones de esta variable de su tendencia de crecimiento. Este hallazgo no es sorprendente ya que dicho factor incrementa la productividad del trabajo. Por otro lado, esos impulsos son responsables de cerca del 10% de las variaciones experimentadas por las horas trabajadas. Estos resultados sugieren que los impulsos tecnológicos afectan la dinámica de la actividad económica en Puerto Rico.

Tabla 5		
Descomposición de la variancia del error de proyección		
Por ciento de la variancia atribuible a impulsos Tecnológicos		
Horizonte	Variable	
	$\Delta(W/P)$	L_t
1	72.56266	12.64955
6	70.97827	11.78078
12	70.93514	11.29443
24	70.89696	11.04042
36	70.88297	11.04042
60	70.87587	10.97274

V. Resumen

En esta investigación se examinó el planteamiento de la escuela de ciclos económicos reales de que una parte importante de las fluctuaciones en la actividad económica pueden ser explicadas por cambios inesperados en el nivel de tecnología, con las series económicas de Puerto Rico. Se evaluó uno de los resultados de los modelos de CER: los *shocks* tecnológicos generan aumentos en las horas de trabajo.

Se utilizó la descomposición de Blanchard-Quah de los residuos de los modelos VAR para identificar los impulsos en tecnología, según es sugerido por Gali (1999). Para estos propósitos se estimaron dos modelos que inclinan las horas trabajadas en manufactura y el salario real en ese sector económico. La diferencia entre los modelos es que uno utilizaba los niveles del insumo de trabajo mientras el otro usaba las primeras diferencias, ambos modelos consideraron las primeras diferencias de las horas trabajadas.

Se encontró que para el caso de Puerto Rico la respuesta dinámica de las horas trabajadas se comporta de forma similar a lo encontrado para Estados Unidos y otros países. Si se utilizan las primeras diferencias de esa variable éstas se reducen ante la ocurrencia de un alza inesperada en el nivel de tecnología. No obstante la usar los niveles de dicha variable el resultado es un incremento en la utilización de este insumo de producción luego de la innovación tecnológica. El análisis estadístico reveló que es propio utilizar los niveles de las horas trabajadas en el modelo VAR, en vez de las primeras diferencias.

Referencias:

Blanchard Olivier Jean y Danny Quah (1989) The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances. The American Economic Review, 79, pags. 655-73.

Blanchard, Olivier (1989), "A Traditional Interpretation of Macroeconomic Fluctuations," The American Economic Review 79 pags. 1146-64.

Dickey, D.A. y W.A. Fuller (1979), "Distributions of the Estimators for Autoregressive Time Series with Unit Root", Journal of the American Statistical Association, 74, pags.427-31.

_____, (1981) "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root" Econometrical , 49 págs. 1057-1072.

Gali Jordi (1999) "Technology, Employment, and Business Cycle: Do Technology Shocks Explain Aggregate Fluctuations?" The American Economic Review, Vol. 89(1), págs. 249-271.

Capstrán Carmona Carlos, (2002) Do Technology Shocks Explain Aggregate Fluctuations in Mexico? Manuscrito.

Erced Chistopher J., Luca Guerrieri y Chistopher Gust (2004). International Finance Discussion Papers, Board of Governors of the Federal Reserve System.

Francis Beville y Valerie A. Ramsey, 2002 Is the Technology-Driven Real Business Cycle Hypothesis Dead? Shocks and Aggregate Fluctuations Resisted. National Bureau of Economic Research, Working Paper 8726.

Ficher Stanley (1977), "Long-Term Contracts, Rational Expectations and Optimal Money Supply Rule" Journal of Political Economy 85 191-205.

Gali Jordi (1999) "Technology, Employment, and Business Cycle: Do Technology Shocks Explain Aggregate Fluctuations? The American Economic Review, Vol. 89 (1), págs. 249-271.

_____(2003) On the Role of Tecnology Shocks as a Source of Business Cycles: Some New Evidence, Manuscrito, Universidad Pompeu Fabra.

Pesavento Elena y Barbara Rossi (2003) Do Technology Shocks Drive Hours Up or Down? A Little Evidence from Agnostic Procedure, Manuscrito Departamento de Economía Emory University.

Taylor, Jojn B. (1979) "Staggered Wage Setting in Macro Model " American Economic Review 69 108-113.

Solow Robert M. 1957 "Technical Change and Aggregate Production Function" Review of Economics and Statistics.

Uhlig Harold (2003), Do Technology Shocks lead to a fall in total hours worked? Manuscrito Humboldt University Berlin.